

# MONOGRAFÍA LÁMPARAS DE INDUCCIÓN

GUSTAVO AYALA AGUIRRE  
JUAN DAVID SALAZAR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2012

# MONOGRAFÍA LÁMPARAS DE INDUCCIÓN

GUSTAVO AYALA AGUIRRE  
JUAN DAVID SALAZAR

Trabajo de grado

Para optar al título de Tecnólogo en Electricidad

Director:  
José Norbey Sánchez F.  
Ingeniero Electricista  
Docente del Programa de Tecnología Eléctrica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
PEREIRA  
2012

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Pereira, septiembre del 2012.

*A mi esposa Elizabeth por su amor y apoyo incondicional, a mi hijo Bryan por su ternura, a mi madre Alba por el ejemplo de vida y apoyo más allá de lo impensado, a mis hermanos por estar siempre conmigo y a mis amigos por su colaboración y acompañamiento en todo momento, y a Dios por darme la oportunidad de llegar hasta aquí de una forma honesta y sincera*

**Gustavo Ayala.**

*A Dios todo poderoso por darme la sabiduría para llegar al final de mi carrera, a mis padres por el apoyo incondicional, por su cariño, su apoyo, su dedicación y empeño por ayudarme a ser una persona mejor, a mis hermanos por todo el apoyo brindado, por su comprensión y cariño, y a todos mis familiares y amigos por estar pendientes en este proceso brindándome su apoyo incondicional.*

**Juan David Salazar.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Les extendemos un sincero agradecimiento a todos los profesores del Programa de Tecnología Eléctrica por su gran acompañamiento en la formación académica y personal a lo largo de toda la carrera. También les agradecemos a nuestras familias por el apoyo y dedicación en todo momento, de lo contrario no hubiera sido posible culminar con éxitos esta etapa de nuestras vidas.

Al ingeniero José Norbey Sánchez F., un inmenso agradecimiento por su paciencia, comprensión y por sus explicaciones que en todo momento sirvieron de ayuda para realizar este trabajo. Por último pero no menos importante un agradecimiento a todos los compañeros y amigos que compartieron con nosotros en cada uno de los ámbitos de la vida universitaria.

## RESUMEN

En la actualidad existe mucha información sobre las lámparas de inducción magnética, Esta se puede encontrar en artículos, en revistas y en la web. En esta monografía se encontrará información detallada y completa para el análisis y estudio de sistemas de iluminación de este tipo que podrá ser utilizada por personas interesadas en el tema. En forma general en el presente documento se exponen las diferente características técnicas de la lámpara inducción (capítulo 1 y capítulo 2), en el capítulo 3, 4 y 5 se realizan comparaciones con las lámparas homólogas (lámparas de sodio, lámparas de haluro metálico), además, se exponen de manera general los principales problemas técnicos de la lámparas de inducción magnética encontrados durante el estudio y realización de la presente monografía y para finalizar se documentan los problemas encontrados durante la realización de la monografía, así, como las conclusiones finales y futuras temáticas que pueden abordar los estudiante próximos a graduarse del programa de tecnología eléctrica para seguir con el desarrollo del presente tema.

La lámpara de inducción cuenta con las siguientes características: larga vida, alta eficacia lumínica, factor de potencia alto, constante flujo luminoso, alta fiabilidad, alta eficacia luminosa, bajo contenido de armónicos, inicio rápido de baja temperatura, amplio rango de temperatura de los colores, re-encendido instantáneo, libre de efecto estroboscópico y deslumbramiento, además de las características anteriores presenta un alto costo, aunque el usuario se ve beneficiado, en los siguientes factores: alta eficacia energética, ecológica y reducción sustancial de los costos de mantenimiento y repuestos.

2012

# MONOGRAFÍA LAMPARÁS DE INDUCCIÓN

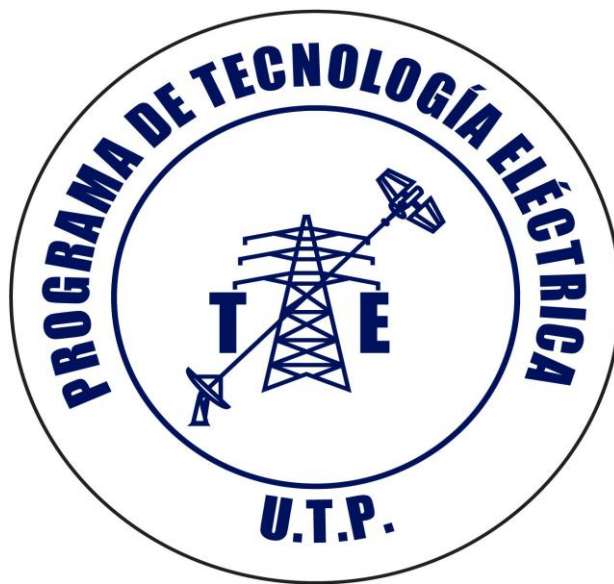
## Iluminación

Esta monografía recopila información acerca de las lámparas de inducción. En este documento se pueden encontrar los aspectos principales de las lámparas de inducción y sus aplicaciones.



**ILUMINACIÓN**

**MONOGRAFÍA DE LÁMPARAS DE INDUCCIÓN**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
2012**



# TABLA DE CONTENIDO

Pág.

<b>1.</b>	<b>FABRICANTES DE LAMPARÁS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA...</b>	<b>11</b>
1.1	EMPRESAS FABRICANTES DE LAMPARÁS DE INDUCCIÓN .....	11
1.1.1	CEIMSA.....	11
1.1.1.1	Lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS. ....	11
1.1.2	LVD. ....	13
1.1.2.1	Lámpara de inducción Saturno (LVD-ZD30000). ....	13
1.1.3	BAJA WAREHOUSE. ....	15
1.1.3.1	Lámpara de inducción Daytona. ....	15
1.1.4	VENALSOL.....	16
1.1.4.1	Lámpara de inducción serie Corner. ....	17
1.1.5	EMAX TECNOLOGIES.....	18
1.1.5.1	Lámpara de inducción Modelo Saturno. ....	18
<b>2.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA.....</b>	<b>20</b>
2.1	LARGA VIDA ÚTIL .....	20
2.2	MAYOR AHORRO DE ENERGÍA .....	21
2.3	ALTA EFICACIA LUMÍNICA VISUAL.....	21
2.4	FUENTE DE LUZ SALUDABLE .....	22
2.5	BAJA ATENUACIÓN (DEGRADACIÓN) DE LA LUZ.....	22
2.6	MENOR DEGRADACIÓN.....	22
2.7	ENCENDIDO INSTANTÁNEO .....	23
2.8	MENOR COSTO DE MANTENIMIENTO .....	23
2.9	ECONÓMICO .....	23
2.10	ECOLÓGICO.....	23
2.11	SEGURIDAD .....	24
2.12	MAYOR SEGURIDAD CONTRA INCENDIO. ....	24
2.12.1	Mayor tolerancia a cambios de tensión.....	24
2.12.2	Apto para ambientes sísmicos y para áreas peligrosas con materiales explosivos.....	24
2.13	LA TEMPERATURA DE COLOR.....	25
2.14	FUNCIONAMIENTO EN UN ALTO RANGO DE TEMPERATURA AMBIENTE .....	25
<b>3.</b>	<b>TIPOS DE LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA .....</b>	<b>26</b>
3.1	LÁMPARA DE CALLE .....	26
3.2	LÁMPARA DE TÚNEL .....	26
3.3	LÁMPARA COLGANTES.....	27
3.4	LÁMPARA DE LUZ HACIA ARRIBA .....	27
3.5	LÁMPARA PROYECTADA HACIA ABAJO.....	28
3.6	LÁMPARA DE TECHO .....	28
3.7	LÁMPARA DE JARDÍN.....	29
3.8	LÁMPARA DE ATERRIZAJE .....	29

<b>4.</b>	<b>PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN .....</b>	<b>31</b>
4.1	PRINCIPIO DE OPERACIÓN .....	31
4.2	INDUCCIÓN MAGNÉTICA .....	33
4.3	APLICACIONES DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA	35
4.3.1	Iluminación de túnel.....	35
4.3.2	Iluminación de carreteras.....	36
4.3.3	Iluminación industrial .....	37
4.3.4	Iluminación en áreas clasificadas .....	39
4.3.5	Iluminación en áreas deportivas .....	40
4.4	DESVENTAJAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCION MAGNÉTICA	41
4.4.1	Índice de distorsión armónica en las lámparas de inducción magnética.	41
<b>5.</b>	<b>COMPARACIÓN DE LÁMPARAS DE SODIO E INDUCCIÓN MAGNÉTICA.....</b>	<b>45</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>7.</b>	<b>DIFICULTADES .....</b>	<b>55</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS. ....	11
Ilustración 2. Dimensiones de lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS. ....	12
Ilustración 3. Lámpara de inducción Saturno. ....	13
Ilustración 4. Dimensiones de lámpara de inducción Saturno ....	14
Ilustración 5. Esquema lineal de la lámpara de inducción Saturno.....	14
Ilustración 6. Lámpara de inducción Daytona. ....	15
Ilustración 7. Dimensiones de lámpara de inducción Daytona. ....	16
Ilustración 8. Lámpara de inducción Serie Corner. ....	17
Ilustración 9. Lámpara de inducción Modelo Saturno.....	18
Ilustración 10. Curva de vida útil (Porcentaje de lumen nominal - Horas). ....	20
Ilustración 11. Lámpara de calle. ....	26
Ilustración 12. Lámpara de túnel.....	27
Ilustración 13. Lámpara colgante. ....	27
Ilustración 14. Lámpara de luz hacia arriba. ....	28
Ilustración 15. Lámpara proyectada.....	28
Ilustración 16. Lámpara de techo.....	29
Ilustración 17. Lámpara de jardín.....	29
Ilustración 18. Lámpara de aterrizaje.....	30
Ilustración 19. Lámpara de inducción.....	31
Ilustración 20. Lámpara de inducción.....	32
Ilustración 21. Generador lámpara de inducción.....	32
Ilustración 22. Inducción electromagnética. ....	34
Ilustración 23. Generación de corriente eléctrica. ....	35
Ilustración 24. Iluminación de túnel.....	35
Ilustración 25. Análisis iluminación de túnel.....	36
Ilustración 26. Iluminación de carretera. ....	36
Ilustración 27. Análisis iluminación de carretera. ....	37
Ilustración 28. Iluminación industrial. ....	37
Ilustración 29. Análisis Iluminación industrial. ....	38
Ilustración 30. Análisis Iluminación industrial en un hotel.....	38
Ilustración 31. Análisis Iluminación en áreas clasificadas. ....	39
Ilustración 32. Iluminación en una mina de hierro. ....	40
Ilustración 33. Análisis Iluminación en otras áreas.....	40
Ilustración 34. Distorsión armónica en la señal de tensión originada por una carga no lineal. ....	42
Ilustración 35. Curva de carga típica en Colombia.....	43
Ilustración 36 Lámpara de sodio de 70 W.....	45
Ilustración 37 Componentes de la lámpara de sodio de 70 W .....	45
Ilustración 38. Lámpara de sodio recién encendida. ....	46
Ilustración 39. Lámpara de sodio a los dos minutos de ser encendida .....	46
Ilustración 40. Lámpara de sodio a los cinco minutos de ser encendida .....	46
Ilustración 41. Lámpara de sodio a los 7 minutos de ser encendida .....	47
Ilustración 42. Lámpara de inducción.....	47
Ilustración 43. Generador de la lámpara de inducción. ....	48
Ilustración 44. Lámpara de inducción recién encendida.....	48

Ilustración 45. . Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria.....	49
---	----

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS.....	12
Tabla 2. Generador COBRA HEAD LIGHTS.....	12
Tabla 3. Lámpara de inducción Saturno. ....	13
Tabla 4. Generador lámpara de inducción Saturno.....	14
Tabla 5. Lámpara de inducción Dayton.....	15
Tabla 6. Generador lámpara de inducción Dayton.....	16
Tabla 7. Lámpara de inducción Serie Corner.....	17
Tabla 8. Generador lámpara de inducción Serie Corner. ....	18
Tabla 9. Lámpara de inducción Modelo Saturno. ....	19
Tabla 10. Generador lámpara de inducción Modelo Saturno. ....	19
Tabla 11. Límites de distorsión armónica recomendados por la IEEE .....	41
Tabla 12. Límite de distorsión armónica de corriente para sistemas de distribución generales (120 V a través de 69 KV .....	42
Tabla 13. THDV máximo especificado por la CREG resolución CREG 070.....	43
Tabla 14 . Niveles de tensión especificados por la resolución CREG 082 .....	43
Tabla 15. Comparativa entre dos lámparas. ....	48
Tabla 16. Eprom, VEEI, UGR lámpara Roy alpha (70 W). ....	50
Tabla 17. Eprom, VEEI, UGR lámpara de inducción AMKO SOLARA-AF9- 413C56 (40 W). ....	50
Tabla 18. Datos técnicos lámpara de inducción amko solara af9 413c56 (40W) .....	51
Tabla 19. Datos técnicos lámpara de sodio ROY alpha (70 W) .....	52

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Hacer una recopilación bibliográfica sobre las lámparas de inducción.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información sobre las lámparas de inducción.
- Analizar la estructura física de estas lámparas.
- Explicar su funcionamiento y sus diferentes usos.
- Describir esta nueva tecnología y todas las ventajas que brinda en el campo de la iluminación tanto en interiores como exteriores.

## GLOSARIO

**IEM:** Inducción electromagnética.

**LUMEN:** El lumen (símbolo: lm) es la unidad del sistema internacional de medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida. El flujo luminoso se diferencia del flujo radiante (la medida de la potencia luminosa total emitida) en que el primero se ajusta teniendo en cuenta la sensibilidad variable del ojo humano a las diferentes longitudes de onda de luz [1].

**BIFENILOS:** Es un compuesto orgánico sólido que se forma de manera incolora a cristales amarillos. Posee un aroma muy agradable. El bifenilo es un hidrocarburo aromático, es conocido por ser un producto inicial en la producción de bifenilos policlorados (PCBs), que fue usado ampliamente como fluido dieléctrico y agente transmisor de calor, también, es un intermediario para la producción como anfitrión de otros compuestos orgánicos como emulsificantes, iluminadores ópticos, productos insecticidas y plásticos [2].

**TRIFOSFORO:** Se trata de un tipo de lámpara que tiene una mayor y mejor salida de luz y un mejor mantenimiento de luz, que extiende la vida útil de la lámpara [3].

**SMD:** Montaje superficial de dispositivos.

**VSAP:** La lámpara de vapor de sodio es un tipo de lámpara de descarga de gas que usa vapor de sodio para producir luz. Son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio. El color de la luz que producen es amarilla brillante [11].

**DISTRIBUCIÓN FOTOMÉTRICA:** El conjunto de la intensidad luminosa de una fuente de luz en todas las direcciones constituye lo que se conoce como distribución luminosa. Las fuentes de luz utilizadas en la práctica tienen una superficie luminosa más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente, presentando valores diversos en las distintas direcciones [10].

**INTENSIDAD LUMINOSA:** Se define como la cantidad de flujo luminoso que emite una fuente por unidad de ángulo sólido. Su unidad de medida en el Sistema Internacional de Unidades es la candela (cd). Matemáticamente, su expresión es la siguiente:

$$I_v = \frac{dF}{d\Omega} \quad (1)$$

Dónde:

- $I_v$  es la intensidad luminosa, medida en candelas.
- $dF$  es el diferencial de flujo luminoso, en lúmenes.
- $d\Omega$  es el elemento diferencial de ángulo sólido, en estereorradianes.

La intensidad luminosa se puede definir a partir de la magnitud radiométrica de la intensidad radiante sin más que ponderar cada longitud de onda por la curva de sensibilidad del ojo. [5]

**FLUJO LUMINOSO:** Las fuentes de luz se comportan como emisores de radiación electromagnética, emitiendo un flujo energético. El flujo luminoso es la cantidad de flujo energético en las longitudes de onda para las que el ojo humano es sensible emitido por unidad de tiempo, es decir, expresa la cantidad de luz emitida por la fuente por segundo. [4]

**ILUMINANCIA:** La iluminancia o nivel de iluminación indica el flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área. [4]

**COLOR:** Se percibe la sensación de color en los objetos debido a la luz que, directamente desde una fuente, o por reflexión en los objetos, incide en nuestra retina. [4]

**CONFORT VISUAL:** Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual. [4]

**EFFECTO ESTROBOSCÓPICO:** Inmovilización aparente o cambio del movimiento de un objeto al ser iluminado con luz de una determinada frecuencia temporal e intensidad. [4]

**THD (Índice de distorsión armónica):** La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Esta falta de linealidad afecta a la forma de la onda, porque el equipo ha introducido armónicos que no estaban en la señal de entrada. Puesto que son armónicos, es decir múltiplos de la señal de entrada, esta distorsión no es tan disonante y es más difícil de detectar.



## 1. FABRICANTES DE LAMPARÁS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Ante la necesidad de reducir la contaminación ambiental grandes empresas en el mundo se han dado a la tarea de crear productos que contribuyan a la conservación de los recursos naturales, este es el caso de empresas fabricantes de sistemas de iluminación, que han desarrollado una nueva tecnología de iluminación que contribuye al ahorro energético y mejoramiento ecológico. Estas empresas están ubicadas en MÉXICO y ESTADOS UNIDOS y desarrollaron la lámpara de inducción.

### 1.1 EMPRESAS FABRICANTES DE LAMPARÁS DE INDUCCIÓN

Algunas de las empresas más importantes que fabrican lámparas de inducción son:

#### 1.1.1 CEIMSA

Es una empresa mexicana, de las más importantes en la fabricación, distribución y comercialización de productos de iluminación en el continente americano. Su objetivo principal es ofrecer soluciones alternativas a las necesidades de desarrollo en materia de iluminación y ahorro de energía, para uso de alumbrado público, industrial y comercial, mediante equipos de inducción magnética. [12]

A continuación en la ilustración 1, se observa una de las lámparas de inducción de la empresa Ceimsa además de las respectivas especificaciones técnicas y diferentes aplicaciones.

##### 1.1.1.1 Lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS.

**Ilustración 1. Lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS.**



<http://ceimsamty.com/pdf/catalogo.pdf>

#### **Aplicaciones:**

- Autopistas.
- Carreteras.
- Parqueaderos al aire libre.

**Estructura:**

- Carcasa de aluminio resistente a la corrosión.
- Reflector de aluminio.
- Resistente al calor con sello hermético de silicona.
- Resistente a la vibración.

**Especificaciones:****Tabla 1. Lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS.**

Potencia (W)	Lúmenes (lm)	CRI	Temperatura de color (°K)	Vida útil (horas)
40	2 800 – 3 000	85	5 000	100 000
55	4 125 – 4 380	85	5 000	100 000
80	6 000 – 6 400	85	5 000	100 000

<http://ceimsamty.com/pdf/catalogo.pdf>

En la tabla 1, se observa que flujo luminoso varía en función de la potencia de la lámpara. Caso contrario, a la temperatura del color, el CRI (índice de rendimiento cromático) ya que estos parámetros son uniformes.

**Tabla 2. Generador COBRA HEAD LIGHTS.**

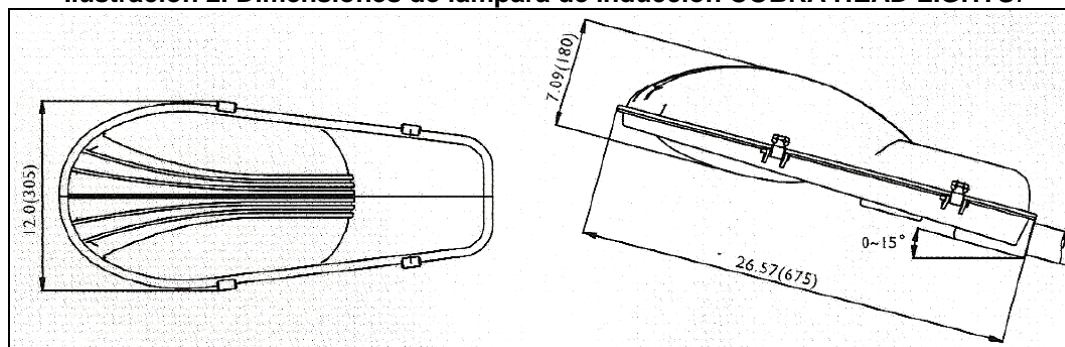
Potencia (W)	Tensión de entrada (VAC)	Corriente de entrada (A)	Frecuencia de entrada (Hz)	Factor de potencia	Temperatura operación (°F)	THD
40	120 – 277	0,35– 0,16	50 – 60	> 0,95	-4 – 104	<10%
55	120 – 277	0,49 – 0,21	50 – 60	> 0,95	-4 – 104	<10%
80	120 – 277	0,70 - 0,32	50 – 60	> 0,95	-4 - 104	<10%

<http://ceimsamty.com/pdf/catalogo.pdf>

En la tabla 2, se observa que la tensión de entrada, la frecuencia de entrada, el factor de potencia, la temperatura de operación y el THD (índice de distorsión armónica) no dependen de la potencia del generador.

**Dimensiones:**

Todas las dimensiones de la lámpara están en mm, ver ilustración 2.

**Ilustración 2. Dimensiones de lámpara de inducción COBRA HEAD LIGHTS.**

<http://ceimsamty.com/pdf/catalogo.pdf>

### 1.1.2 LVD.

LVD es una marca representativa de la empresa Shanghai Hongyuan Iluminación & Equipos Eléctricos S.L. Es líder en innovación de tecnologías de iluminación y ahorro de energía. En sus inicios fue pionera en la fabricación de lámparas de sodio y metal halide. En el año 2003 desarrollaron una mejora a la lámpara de inducción, en la cual, se deshicieron de los electrodos (componente altamente contaminante) convirtiéndose en el nuevo producto estrella de la compañía.

En la ilustración 3 se observa una de las lámparas de inducción de la empresa LVD con sus respectivas especificaciones técnicas y sus diferentes usos. [13]

#### 1.1.2.1 Lámpara de inducción Saturno (LVD-ZD30000).

**Ilustración 3. Lámpara de inducción Saturno.**



[http://www.lvd.cc/es/market/fixture\\_detail\\_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html](http://www.lvd.cc/es/market/fixture_detail_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html)

#### **Aplicaciones:**

- Carreteras urbanas.
- Aeropuertos.
- Parqueaderos al aire libre.
- Puentes.

#### **Estructura:**

- Moldeado en aluminio
- Reflector de aluminio (ofrece mejor distribución de luz).
- Vidrio templado resistente a altas temperaturas.
- Dispositivo extraíble de acero inoxidable.

#### **Especificaciones:**

**Tabla 3. Lámpara de inducción Saturno.**

<b>Potencia (W)</b>	<b>Lúmenes (lm)</b>	<b>CRI</b>	<b>Temperatura de color (°K)</b>	<b>Vida útil (horas)</b>
40	2 800	85	5 000	100 000
45	3 000	85	5 000	100 000
86	6 400	85	5 000	100 000

[http://www.lvd.cc/es/market/fixture\\_detail\\_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html](http://www.lvd.cc/es/market/fixture_detail_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html)

En la tabla 3, se observa que dependiendo de la potencia de la lámpara varia su flujo luminoso. Su temperatura, el CRI (índice de rendimiento cromático) y su vida útil no cambian.

**Tabla 4. Generador lámpara de inducción Saturno.**

Potencia (W)	Tensión de entrada (VAC)	Corriente de entrada (A)	Frecuencia de entrada (Hz)	Factor de potencia	Temperatura operación (°C)	THD
40	120 – 277	0,21	50 – 60	> 0,95	-25 – 50	<10%
45	120 – 277	0,38	50 – 60	>0,95	-25 – 50	<10%
86	120 – 277	0,42	50 – 60	>0,95	-25 - 50	<10%

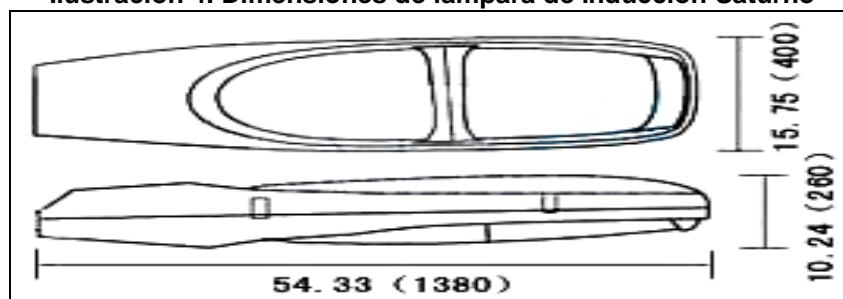
[http://www.lvd.cc/es/market/fixture\\_detail\\_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html](http://www.lvd.cc/es/market/fixture_detail_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html)

En la tabla 4, se observa que dependiendo de la potencia del generador varia su corriente de entrada. Su tensión de entrada, la frecuencia de entrada, el factor de potencia, la temperatura de operación y el THD (índice de distorsión armónica) no cambian.

### Dimensiones:

Todas las dimensiones de la lámpara de la ilustración 4 están en mm.

**Ilustración 4. Dimensiones de lámpara de inducción Saturno**



[http://www.lvd.cc/es/market/fixture\\_detail\\_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html](http://www.lvd.cc/es/market/fixture_detail_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html)

**Esquema lineal:** En la ilustración 5, se observa como se conecta el generador a la red eléctrica, donde se identifican según los colores los diferentes conductores, de fase, neutros y tierra. Y posteriormente los cables que salen del generador al acondicionador de potencia instalado en la lámpara.

**Ilustración 5. Esquema lineal de la lámpara de inducción Saturno.**



[http://www.lvd.cc/es/market/fixture\\_detail\\_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html](http://www.lvd.cc/es/market/fixture_detail_%E8%B7%AF%E7%81%AF/23.html)

### 1.1.3 BAJA WAREHOUSE.

Es una empresa innovadora que comercializa sistemas avanzados de iluminación en términos de funcionalidad, costo, eficacia, ahorros de energía y mantenimiento. En el 2006 lanzan al mercado lo último en tecnología, en lo que respecta a equipos de iluminación. Los productos que ofrece la compañía se caracterizan por la alta eficacia y calidad que se entrega a los clientes, satisfaciendo las necesidades en el área de la iluminación. [14]

En la ilustración 6, se puede observar una de las lámparas de inducción de la empresa BAJA WAREHOUSE con sus respectivas especificaciones técnicas (tabla 5, 6, ilustración 7) y sus diferentes usos.

#### 1.1.3.1 Lámpara de inducción Daytona.

**Ilustración 6. Lámpara de inducción Daytona.**



<http://www.bajawarehouse.com/esp/detail.php?pro=5>

#### **Aplicaciones:**

- Túneles.
- Areas industriales.
- Almacenes.
- Áreas de producción y comercio.

#### **Estructura:**

- Estructura de aluminio con doble cubierta.
- Reflector de aluminio con un vidrio plano para protección de los elementos.
- Goma de silicona resistente al calor.

#### **Especificaciones:**

**Tabla 5. Lámpara de inducción Daytona.**

Potencia (W)	Lúmenes (lm)	CRI	Temperatura de color (°K)	Vida útil(horas)
100	7 700	85	2 700 – 5 000	100 000
200	16 400	85	2 700 – 5 000	100 000
400	34 800	85	2 700 – 5 000	100 000

<http://www.bajawarehouse.com/esp/pdf.php?pdf=5>

En la tabla 5, se observa que dependiendo de la potencia de la lámpara varía su flujo luminoso. Su temperatura, el CRI (índice de rendimiento cromático) y su vida útil no cambian.

**Tabla 6. Generador lámpara de inducción Daytona.**

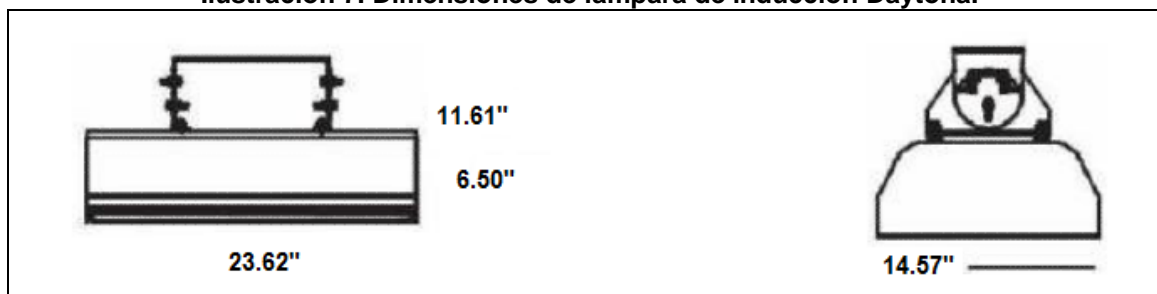
Potencia (W)	Tensión de entrada (VAC)	Corriente de entrada (A)	Frecuencia de entrada (Hz)	Factor de potencia	Temperatura operación (°c)	THD
100	120 – 277	0,93 -0,4	50 – 60	0,98	-25 – 50	<10%
200	120 – 277	1,77–0,77	50 – 60	0,98	-25 – 50	<10%
400	120 – 277	3,57–1,55	50 – 60	0,98	-25 - 50	<10%

<http://www.bajawarehouse.com/esp/pdf.php?pdf=5>

En la tabla 6, se observa que dependiendo de la potencia del generador varía su corriente de entrada. Su tensión de entrada, la frecuencia de entrada, el factor de potencia, la temperatura de operación y el THD (índice de distorsión armónica) no cambian.

#### **Dimensiones:**

**Ilustración 7. Dimensiones de lámpara de inducción Daytona.**



<http://www.bajawarehouse.com/esp/pdf.php?pdf=5>

#### **1.1.4 VENALSOL.**

Esta empresa se caracteriza por manejar una ingeniería especializada en el sector de la eficacia energética para la generación de nuevas tecnologías, especialmente en el sector de tecnologías ecológicas; así como sistemas de última generación que ayudan a mejorar el consumo eléctrico de los sistemas convencionales. [15]

#### 1.1.4.1 Lámpara de inducción serie Corner.

**Ilustración 8. Lámpara de inducción Serie Corner.**



<http://www.venalsol.com/>

#### **Aplicaciones:**

- Túneles.
- Iluminación vial.
- Centros deportivos.
- Industrias.

#### **Estructura:**

- Forma rectangular para una mejor distribución de luz en el espacio.
- El reflector tipo W para esta luminaria, proporciona una mejor distribución de luz.
- Fabricada con amalgama solida de mercurio, recuperable y reciclable fácilmente.

#### **Especificaciones:**

**Tabla 7. Lámpara de inducción Serie Corner.**

<b>Potencia (W)</b>	<b>Lúmenes (lm)</b>	<b>CRI</b>	<b>Temperatura de color (°K)</b>	<b>Vida útil(horas)</b>
40	2 800 – 3 000	>80	2 700 – 6 500	100 000
50	2 500 – 3 750	>80	2 700 – 6 500	100 000
80	6 000 – 6 400	>80	2 700 – 6 500	100 000
100	7 500 – 8 000	>80	2 700 – 6 500	100 000
120	9 000 – 9 600	>80	2 700 – 6 500	100 000
150	12 000 – 12 750	>80	2 700 – 6 500	100 000
200	16 000 – 17 000	>80	2 700 – 6 500	100 000
250	20 000 – 21 500	>80	2 700 – 6 500	100 000
300	24 000 – 25 500	>80	2 700 – 6 500	100 000

<http://www.venalsol.com/>



En la tabla 7, se observa que dependiendo de la potencia de la lámpara varia su flujo luminoso. Su temperatura, el CRI (índice de rendimiento cromático) y su vida útil no cambian.

**Tabla 8. Generador lámpara de inducción Serie Corner.**

Potencia (W)	Tensión de entrada (VAC)	Corriente de entrada (A)	Frecuencia de entrada (Hz)	Factor de potencia	Temperatura operación (°c)	THD
40	220	0,19	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
50	220	0,25	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
80	220	0,39	50 – 60	>0,98	-25 - 50	<10%
100	220	0,48	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
120	220	0,57	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
150	220	0,7	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
200	220	0,95	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
250	220	1,20	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
300	220	1,43	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%

<http://www.venalsol.com/>

En la tabla 8 se observa que dependiendo de la potencia del generador varia su corriente de entrada. Su tensión de entrada, la frecuencia de entrada, el factor de potencia, la temperatura de operación y el THD (índice de distorsión armónica) no cambian.

#### 1.1.5 EMAX TECHNOLOGIES.

Es una empresa ubicada en México, inició operaciones en mayo de 2005 como una empresa dedicada y especializada en el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías para el ahorro de energía y mejoramiento ecológico. Es una empresa pionera en el diseño e instalación de lámparas de inducción magnética, sistemas de energía solar fotovoltaica, y solar térmica, también, con la visión de ofrecer productos lumínicos de alta calidad y únicos en el mercado, con base a las necesidades y requerimientos de los clientes. [16]

##### 1.1.5.1 Lámpara de inducción Modelo Saturno.

**Ilustración 9. Lámpara de inducción Modelo Saturno.**



[http://www.emaxtechnologies.com/pdf/etl\\_il\\_series.pdf](http://www.emaxtechnologies.com/pdf/etl_il_series.pdf)



**Aplicaciones:**

- Túneles.
- Iluminación vial.

**Estructura:**

- Estructura en aluminio.
- Vidrio templado resistente a altas temperaturas.

**Especificaciones:****Tabla 9. Lámpara de inducción Modelo Saturno.**

Potencia (W)	Lúmenes (lm)	CRI	Temperatura de color (°K)	Vida útil(horas)
40	2 400 - 2 800	>80	2 700 – 6 500	100 000
80	5 200 - 6 000	>80	2 700 – 6 500	100 000
120	8 400 - 9 600	>80	2 700 – 6 500	100 000

[http://www.emaxtechnologies.com/pdf/etl\\_il\\_series.pdf](http://www.emaxtechnologies.com/pdf/etl_il_series.pdf)

En la tabla 9, se observa que dependiendo de la potencia de la lámpara varía su flujo luminoso. Su temperatura, el CRI (índice de rendimiento cromático) y su vida útil no cambian.

**Tabla 10. Generador lámpara de inducción Modelo Saturno.**

Potencia (W)	Tensión de entrada (VAC)	Corriente de entrada (A)	Frecuencia de entrada (Hz)	Factor de potencia	Temperatura operación (°c)	THD
40	110 – 220	0,4 - 0,2	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
80	110 – 220	0,72– 0,36	50 – 60	>0,98	-25 – 50	<10%
120	110 – 220	1,09 – 0,54	50 - 60	>0,98	-25 - 50	<10%

[http://www.emaxtechnologies.com/pdf/etl\\_il\\_series.pdf](http://www.emaxtechnologies.com/pdf/etl_il_series.pdf)

- Después de observar y comparar las especificaciones técnicas de las lámparas de inducción de cada una de las empresas fabricantes mencionadas, se puede concluir que existen diversas relaciones entre ellas como
- Tienen un bajo consumo de potencia eléctrica, manejan alto porcentaje de vida útil, un rango de voltaje de operación similar, no requieren corrientes de entrada muy altas para su correcto funcionamiento y despliegan un gran flujo luminoso.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

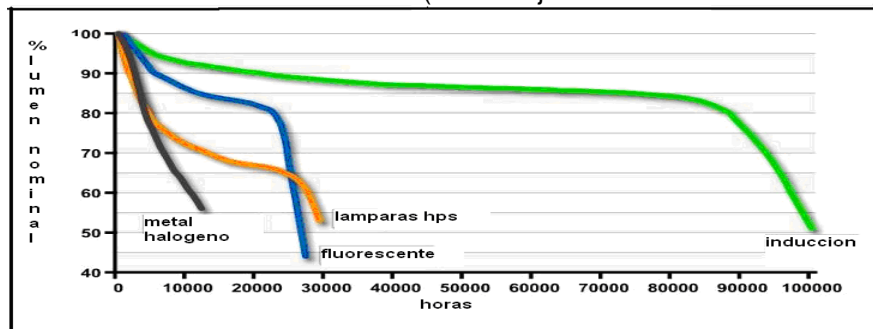
Mantener un sistema de iluminación en condiciones aceptables de operación, continuidad, seguridad, confiabilidad requiere no solo del personal idóneo para las diferentes maniobras que este requiera (mantenimiento, reconexión etc), sino además, una tecnología adecuada que permita el cumplimiento de los estándares mínimos de normalización vigentes y una disminución de los costos de operación del mismo, aplicando este principio en tecnologías tradicionales (lámparas de sodio y lámparas de haluro metálico), resultan poco atractivas en diferentes aspectos tales como, la vida útil, ya que su desempeño es menor a las lámparas de inducción, en el aspecto de luminotecnia, debido a que en sus diferentes magnitudes como flujo luminoso y eficacia luminosa, entre otras, comparada con la lámpara de inducción, estas magnitudes se muestran en un menor porcentaje. Por otro lado, las lámparas de inducción magnética resultan ser una buena opción tecnológica en lo que respecta a las deficiencias presentadas por la lámpara anterior (lámparas de sodio, lámparas de haluro metálico). En el presente capítulo se expondrán las principales características técnicas de las lámparas de inducción magnética, los principales parámetros de funcionamiento y algunas ventajas operativas frente a sus homólogas.

### 2.1 LARGA VIDA ÚTIL

Una de las principales ventajas de las lámparas de inducción es la ausencia de electrodos o filamentos, gracias a esto la vida útil de la lámpara se prolonga al no sufrir el desgaste de estos elementos en su encendido y apagado.

La vida útil de la lámpara de inducción es cercana a las 100 000 h (cerca de 20 años con un uso diario de 12 h) a diferencia de las lámparas de sodio y haluro metálico que duran cerca de 15 000 a 20 000 h (entre 3 y 5 años) y las fluorescentes que duran cerca de 10 000 h, (entre 2 y 3 años) esto demuestra que la lámpara de inducción tiene una vida elevada mucho mayor que las tecnologías anteriormente mencionadas. [17]. La ilustración 10, hace referencia a diferentes fuentes de luz según su principio de operación donde la curva de lámpara de inducción es la de mayor horas de vida después de haber llegado al 100% de lumen nominal.

**Ilustración 10.** Curva de vida útil (Porcentaje de lumen nominal - Horas).



Fuente: <http://worldledstore.net/media/InformeLamapasInduccion.pdf>

## 2.2 MAYOR AHORRO DE ENERGÍA

El consumo de la lámpara tradicional, es el consumo de la fuente de luz que ilumina, es decir, del bulbo o la ampolla y no del consumo real de la lámpara integrada, por lo tanto, el cálculo del consumo de energía eléctrica no es exacto. En general, el consumo de energía de los balastos para lámparas de haluro metálico o lámparas de sodio de alta presión es más de un 20% del consumo de la ampolla.

Con la lámpara de Inducción electromagnética, las pérdidas de energía eléctrica para la fuente de luz (bulbo) es tan bajo (alta eficiencia), que perfectamente puede no ser considerado, por lo tanto, la lámpara de inducción puede ahorrar alrededor del 20% de la energía que utilizan las lámparas comunes con el mismo poder. Y sólo se considero el principio de diseño de la lámpara de inducción sin tener en cuenta otras características (tecnología de fabricación, materiales) de eficacia lumínica de la lámpara de IEM (inducción electromagnética), que hace que el producto pueda ahorrar más energía aún. [6]

## 2.3 ALTA EFICACIA LUMÍNICA VISUAL

Por lo general, la “eficacia lumínica” (lm/W) se considera como un importante indicador para determinar el ahorro de energía de las diferentes fuentes de luz. Teóricamente, se dice que las lámparas con una eficacia lumínica superior tienen mejor capacidad para ahorrar energía. De acuerdo a los resultados de las pruebas efectuadas a los diferentes tipos de lámparas, la eficacia lumínica de las lámparas de sodio de alta presión está entre el 90 a 110 lm/W; el de las lámparas de Haluro metálico está entre el 85 lm/W, y las lámparas de IEM (inducción electromagnética) es sólo de 70 a 80 lm/W. Sin embargo, la conclusión es totalmente diferente según la percepción de las pupilas humanas. A diferencia de los instrumentos, que sólo se limitan a medir la eficacia lumínica, las pupilas pueden evaluar la “eficacia lumínica real y efectiva” de una lámpara de acuerdo a diferentes ambientes, colores, eficacias, capacidad de reproducción de color y todos los factores anteriores integrados.

Los ojos tienen altos requerimientos de los colores, mientras que muchas fuentes de luz no tienen la capacidad para reproducir los colores. Por ejemplo, las lámparas de sodio sólo tienen una buena representación de los colores amarillo y gama de grises; bajo otras gamas de colores, los ojos humanos solamente pueden identificar los perfiles de los objetos, perdiendo la capacidad de identificar los detalles. En muchos ambientes de trabajo, debido al desconocimiento de las personas en temas de iluminación, es común observar como realizan aumentos de la potencia de las lámparas comunes (incandescentes etc) con el fin de mejorar la “eficacia lumínica” y así poder distinguir mejor los colores y lo que sucede es que se produce un mayor consumo de energía con una reproducción de color idéntica, dado que, la reproducción de colores de la lámpara de sodio es muy baja (índice de

rendimiento del color de la lámpara de sodio es  $< 40$  CRI, medida del rendimiento y el color o también denominado “índice de menor distorsión del color) mientras que el de la lámpara de IEM es  $> 80$  CRI, su real “eficacia lumínica” baja considerablemente, siendo el máximo igual a 100, que es el color que reproduce la luz solar. Por tanto, las lámparas con un mayor CRI tendrán una menor distorsión del color. Diferentes test realizados con distintos instrumentos, han arrojado como resultado, que la de la eficacia lumínica de la lámpara de sodio es sólo alrededor de 60 lm/W, mientras que la lámpara de IEM alcanza un valor alrededor de 120 lm/W. [6]

## 2.4 FUENTE DE LUZ SALUDABLE

Las frecuencias de operación de las fuentes de luz, tales como lámparas fluorescentes, lámparas de sodio y lámparas de haluro metal, son de 60Hz. En esta frecuencia, el ojo humano puede sentir el parpadeo de la luz. En cuanto a la lámpara de alta frecuencia sin electrodos (IEM), la frecuencia de funcionamiento es 2,56 MHz, que corresponden a más de 50. 000 veces la del común de las fuentes de luz, superando el alcance de identificación de los ojos humanos a captar el efecto estroboscopia. Adicionalmente, la lámpara de IEM posee un bulbo empavonado con contenidos de fósforo que permiten una mejor reproducción de colores (CRI  $> 80$ ) y un menor encandilamiento que el producido por las lámparas de sodio y de haluro metal. Estos dos elementos (bajo efecto estroboscopia y bajo encandilamiento) hacen que la lámpara de IEM alivie el daño a los ojos. [7]

## 2.5 BAJA ATENUACIÓN (DEGRADACIÓN) DE LA LUZ

Atenuación de la luz es la reducción de la eficacia lumínica nominal de las fuentes de luz, después, de ser utilizada durante un largo período de tiempo y bajo condiciones nominales de funcionamiento. El tiempo de degradación de las lámparas depende de su tecnología de fabricación. Gracias al principio de funcionamiento especial de las lámparas de inducción con un bulbo al vacío y un muy buen aislamiento, la lámpara de inducción tiene una baja atenuación de la luz (no más de 16% de atenuación de la luz se genera después del funcionamiento de 20 000 horas), mostrando actuaciones de ahorro energético y buen efecto lumínico. Las lámparas de ahorro de consumo atenuarán 50% de la luz, después, de haber sido utilizadas durante 1 000 horas y una lámpara fluorescente común atenuará más del 30% después de haber sido utilizada durante 2 000 horas. [17]

## 2.6 MENOR DEGRADACIÓN

La degradación de la luminosidad de las lámparas de Haluro metálico alcanza un 70% de su capacidad lumínica entre las 5 000 y 7 000 mil horas, las lámparas de inducción llegan al 70% de su capacidad lumínica entre las 60 000 a 80 000 horas, en otras palabras, a las 5 000 horas las lámparas de Haluro

Metal están dando un 70% de luminosidad y consumiendo el 100% de watts, mientras que en las lámparas de Inducción esta situación se produce después de las 60 000 horas. [18]

## 2.7 ENCENDIDO INSTANTÁNEO

A diferencia de las lámparas tradicionales (haluro metal y sodio) que se demoran respectivamente entre 5 y 7 minutos en encender completamente, la lámpara de inducción enciende inmediatamente después de ser energizada y lo mismo sucede al ser reencendida. [18]

## 2.8 MENOR COSTO DE MANTENIMIENTO

Dado que las lámparas de Inducción no tienen electrodos ni filamentos que puedan fundirse, en la práctica reducen drásticamente los costos de mantenimiento (insumos y partes de reemplazo), siendo necesario realizar sólo limpieza. [8]

## 2.9 ECONÓMICO

La lámparas de inducción es una buena opción para los consumidores en lo que respecta al consumo de energía eléctrica (< KW/h facturado), debido, a la alta eficiencia que poseen, hasta de un 70% menor si se compara con las bombillas tradicionales (incandescentes).

Los beneficios económicos para la empresa prestadora del servicio (electrificadoras locales) se ven reflejados en la disminución sustancial de la operaciones de mantenimiento a las lámparas (después de 20 años), así como una disminución en las maniobras de cambio de sistemas auxiliares comunes en otras lámpara para el mejoramiento en el funcionamiento de las mismas.

## 2.10 ECOLÓGICO

Los beneficios ecológicos que brindan este tipo de lámpara, las convierte en las ideales en un mundo necesitado de acciones que ayuden a reducir la contaminación y el desgaste de los recursos naturales. A continuación se nombraran algunos beneficios ecológicos de la lámpara de inducción.

- Emisión de luz ultra violeta: menor a 0.5%.
- Emisión de luz infra roja: menor a 0.4%.
- No contiene bifenilos ni difenilos policlorados. (contaminante nocivo para el medio ambiente.
- Generador elaborado con aluminio y cobre (elementos reciclables).

- Al generar poco calor y consumir poca energía contribuye con el no calentamiento global, ayudando a la disminución de la producción del dióxido de carbono.
- Genera baja temperatura: por las pocas pérdidas de potencia activa (efecto joule) que presentan las lámparas de Inducción electromagnética, la temperatura que generan no sobrepasa los 85°C, en régimen permanente.
- Estas lámparas son una excelente alternativa para reducir el impacto medioambiental, debido a su ahorro energético, menor utilización de materiales y menor uso de mercurio.
- Los componentes utilizados son 100% reciclables, excepto el mercurio que contienen. Pero como éste se presenta en forma de amalgama y no en forma líquida o gaseosa, es mucho más fácil y seguro de manipular.
- Menor contaminación: una Lámpara de Inducción contamina 116 veces menos que una lámpara de Haluro Metal. Lo anterior tiene relación directa con la cantidad de mercurio que contienen ambas lámparas (1,3mg de mercurio vs. 37.8mg de mercurio, respectivamente). [19]

## 2.11 SEGURIDAD

- Es una lámpara segura con los índices de protección correspondientes.
- Anti explosiva debido a que no tiene filamentos.
- El calor máximo (En condiciones de transitorio) que emite es menor de 85°C.
- Por el hecho de no tener filamentos, las vibraciones no le afectan.
- Peso ligero. [19]

## 2.12 MAYOR SEGURIDAD CONTRA INCENDIO.

Dado que las lámparas de inducción no se calientan más allá de los 85 °C, sus elementos no se funden ni tampoco los cables de conexión. Su bombilla no explota producto del cambio de temperatura ambiente dentro del amplio rango en la que puede operar.

### 2.12.1 Mayor tolerancia a cambios de tensión.

Las lámparas de Inducción pueden funcionar en rangos de tensión desde los 110 V a 277 V, lo que las hace más seguras, además, es común encontrar en estas lámparas un sistema de seguridad contra cortocircuitos [3][7].

### 2.12.2 Apto para ambientes sísmicos y para áreas peligrosas con materiales explosivos.

Dado que las lámparas de inducción funcionan sin electrodos, ni elementos fundentes, soportan eficientemente movimientos sísmicos propios de tronadoras en zonas mineras, por otra parte, al trabajar a bajas temperaturas, son las lámparas más apropiadas para zonas peligrosas con materiales explosivos.

### 2.13 LA TEMPERATURA DE COLOR

Es una característica de la luz visible que tiene importantes aplicaciones en el campo de la iluminación. La temperatura de color de una luz depende del campo de aplicación, la lámpara de inducción tiene una amplia variedad de color de temperatura que abarca desde 2 700 K hasta a 6 500 K proporcionando una luz más blanca y natural, a diferencia de la luz amarillenta proporcionada por las lámparas tradicionales con una temperatura no mayor a los 3 000 K.

### 2.14 FUNCIONAMIENTO EN UN ALTO RANGO DE TEMPERATURA AMBIENTE

Las lámparas de inducción funcionan en rangos de variación de temperatura ambiente muy altos. Estas pueden ser usadas en ambientes de temperaturas de -20°C a 65°C (lo que las hace muy versátiles en ambientes exigentes). Las lámparas tradicionales funcionan en ambientes no mayores a 45°C.

### 3. TIPOS DE LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Con el tiempo los sistemas de iluminación han ido cambiando, no se trata únicamente de proporcionar luz en un determinado sector, si no, el de brindar este mismo servicio de una forma tal que a las personas les parezca agradable, bonita, novedosa, por esta razón, las empresas diseñadoras de sistemas de iluminación sacan al mercado dependiendo del área que les corresponda objetos modernos que llamen la atención con colores vivos y con estilos diferentes a los tradicionales. Los fabricantes de lámparas de inducción no se han quedado atrás en este aspecto haciendo que las lámparas que ellos fabrican tengan la posibilidad de ser instaladas en cualquier medio no solo por su rendimiento energético y sus otras virtudes ya señaladas sino por sus diseños llamativos y modernos.

Dependiendo del área que se necesite iluminar los fabricantes de lámparas de inducción brindan una alta versatilidad de diseños que se ilustran en los siguientes ítems.

#### 3.1 LÁMPARA DE CALLE

La lámpara de calle es una de las más importantes en los sistemas de alumbrado público, debe crear un ambiente que permita una visibilidad clara e identificación precisa de las personas y objetos en las vías transitadas, las lámparas de inducción permiten todos estos beneficios y además una gran variedad de diseños como se ve a continuación en la ilustración 11.

**Ilustración 11. Lámpara de calle.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

#### 3.2 LÁMPARA DE TÚNEL

La lámpara de túnel no es menos importante que la lámpara de calle, su capacidad de reemplazar en un momento dado la luz natural por artificial sin que la diferencia pueda afectar el desempeño de los conductores y transeúntes



hacen que se convierta en un elemento indispensable en este tipo de zonas. En la ilustración 12 se enseñan algunos diseños de lámparas de túnel.

**Ilustración 12. Lámpara de túnel.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

### 3.3 LÁMPARA COLGANTES

Este tipo de lámparas mostradas en la ilustración 13, son de mayor utilización en interiores como en unidades residenciales, centros comerciales, fábricas, colegios etc. Son de gran utilidad cuando se busca ahorrar espacio y sumar decoración desde el techo sin perder elegancia.

**Ilustración 13. Lámpara colgante.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

### 3.4 LÁMPARA DE LUZ HACIA ARRIBA

Su uso no es tan regular como las lámparas de calle y de túnel, su utilización se presenta mayormente cuando se necesita iluminar un objeto o un sitio de tal forma que toda la luz este sobre este (fachadas, muros etc). Ver ilustración 14.

**Ilustración 14. Lámpara de luz hacia arriba.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

### 3.5 LÁMPARA PROYECTADA HACIA ABAJO

Igual que la lámpara anterior su uso esta restringido a la iluminación en un punto específico como hipermercados, supermercados, hoteles, oficinas, salas de conferencia, tiendas, centros de exposición, villas etc. En la ilustración 15, se enseña algunos diseños de lámparas proyectadas.

**Ilustración 15. Lámpara proyectada.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

### 3.6 LÁMPARA DE TECHO

Este tipo de lámpara, también, es ampliamente utilizada en la iluminación de interiores (habitaciones, salas, auditorios, oficinas etc), se suelen empotrar en los techos de los inmuebles donde se van a instalar ya que este (techo) es la

parte más apropiada para que la luz se distribuya de una manera uniforme por todos los rincones del área a iluminar. Ver ilustración 16.

**Ilustración 16. Lámpara de techo.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

### 3.7 LÁMPARA DE JARDÍN

Los fabricantes de lámparas de inducción también se han dado a la tarea de diseñar lámparas de jardín, en diseños llamativos y modernos como se observa a continuación en la ilustración 17.

**Ilustración 17. Lámpara de jardín.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

### 3.8 LÁMPARA DE ATERRIZAJE

Este tipo de lámparas es utilizado normalmente bajo tierra iluminando caminos y senderos, es una nueva forma de iluminar espacios de una forma moderna y con gran calidad de iluminación. Ver ilustración 18.

**Ilustración 18. Lámpara de aterrizaje.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es/market/>

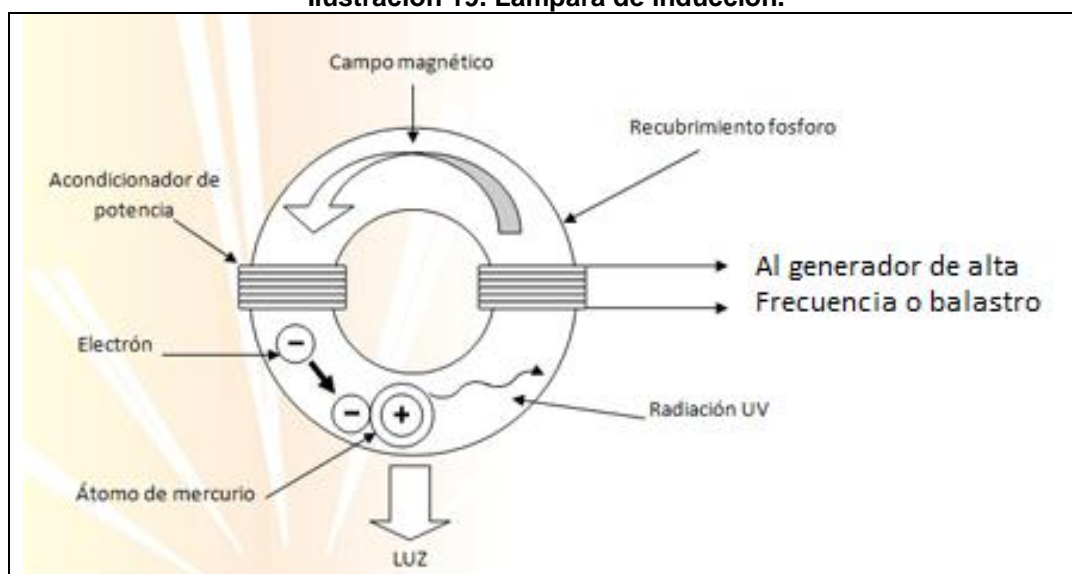
## 4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y APLICACIONES DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN

### 4.1 PRINCIPIO DE OPERACIÓN

La tecnología básica para la lámpara de inducción no es nada nuevo, esencialmente una lámpara de inducción es una lámpara fluorescente sin electrodos que contiene dos bobinas envueltas alrededor de una parte del tubo (ilustración19). La lámpara de inducción requiere de un generador de alta frecuencia bien adaptado para una correcta operación, la función de este dispositivo es generar una señal de tensión de alta frecuencia, la cual, se encuentra típicamente entre 2,56 MHz y 13,6 MHz (para crear emisión magnética, además, de eliminar el efecto estroboscópico) dependiendo del diseño de la lámpara. Esta energía proveniente del generador al conectarla con una de las bobinas, crea un campo electromagnético muy fuerte que se desplaza a través del vidrio y excita los átomos de mercurio en el interior. Los átomos de mercurio emiten luz UV (luz ultravioleta) y al igual que en los tubos fluorescentes la luz UV se convierte en luz visible gracias al recubrimiento de fósforo en el interior del tubo.

Al igual que las lámparas fluorescentes tradicionales la variación de la composición de las partículas de fósforo que recubren el interior de la lámpara de inducción permite diferentes temperaturas de color que varían entre 3500 K, 4100 K, 5000 K, 6500 K.

**Ilustración 19. Lámpara de inducción.**



<http://www.alternativaenergetica.com.mx/luminariasolar/induccion-magnetica-alumbrado-publico-solar.html>

En la ilustración 20, se observa una luminaria de inducción con las dos bobinas que la conforman, una de ellas se le denomina bobina de inducción y es el centro de la lámpara de inducción magnética, a la cual, le provee potencia el

generador eléctrico de alta frecuencia, la función de la bobina principal es inducir fuerza electromotriz en el núcleo de la lámpara, el cual, esta típicamente construido de ferrita, al mismo tiempo, inducir una fuerza electromotriz en la bobina secundaria o anillo, en esta bobina se encuentra la antena de la lámpara cuya función es transmitir la energía almacenada en forma de campo magnético (fenómeno de inducción magnética) al gas que se encuentra dentro de la lámpara, creando una radiación ultravioleta, la cual es luego transformada a fuente visible de luz por medio del recubrimiento de fósforo en la superficie del vidrio.

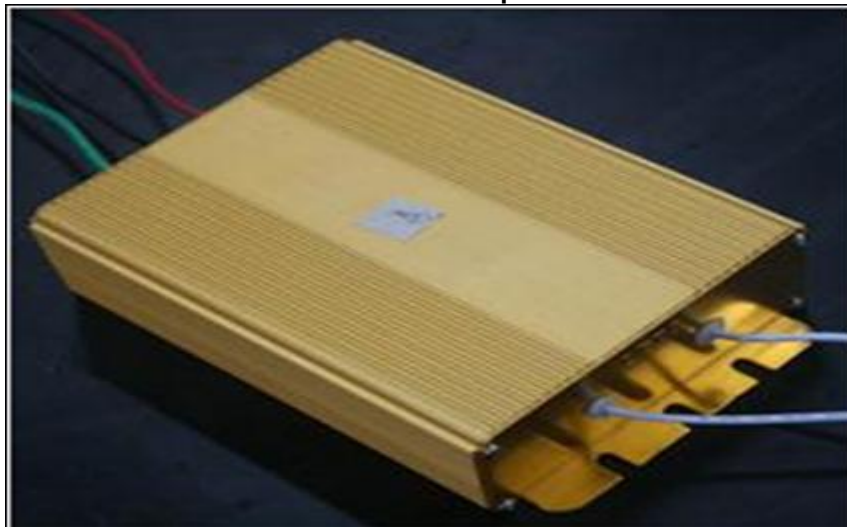
**Ilustración 20. Lámpara de inducción.**



<http://www.alternativaenergetica.com.mx/luminariasolar/induccion-magnetica-alumbrado-publico-solar.html>

En la ilustración 21, se observa un generador de alta frecuencia encargado de generar corrientes eléctricas de altas frecuencias.

**Ilustración 21. Generador lámpara de inducción.**



[http://www.lttsinductionlighting.com/products\\_detail.aspx?id=453](http://www.lttsinductionlighting.com/products_detail.aspx?id=453)



## 4.2 INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Tras el descubrimiento experimental de Oersted (en el que Biot, Savart y Ampere basaron sus leyes) de que una corriente estacionaria produce un campo magnético, pareció lógico indagar si el magnetismo producía electricidad. Once años después del hallazgo de Oersted, en 1831 Michael Faraday en Londres y Joseph Henry en Nueva York descubrieron que un campo magnético variable en el tiempo producía una corriente eléctrica [22].

De acuerdo con los experimentos de Faraday, un campo magnético estático no produce flujo de corriente, pero un campo variable en el tiempo produce una tensión inducida (llamada fuerza electromotriz [fe]) en un circuito cerrado, el cual, provoca un flujo de corriente tal como lo establece el siguiente enunciado.

Faraday descubrió que la fuerza electromotriz inducida ( $V_{fe}$  en volts), en un circuito cerrado es igual a la rapidez de cambio del eslabonamiento del flujo magnético por el circuito. Esta es la ley de Faraday y matemáticamente viene dada como (ecuación 2).

Donde  $\lambda$  ( $\lambda = N\Phi$ ) es conocido como enlace de flujo,  $N$  es el número de espiras (vueltas) en el circuito y  $\Phi$  el flujo magnético a través de cada una de ellas (espiras). El signo negativo indica que la tensión inducida es contraria al flujo que la produce. Está a su vez es la ley de Lenz. Según la cual la dirección del flujo de corriente en el circuito es tal que el campo magnético inducido resultante de la corriente inducida se opone al campo magnético original [22].

Fuerzas electromotriz estática y cinética.

Para el caso en que  $N = 1$  la ecuación 2 se transforma en la siguiente ecuación (ecuación 3).

$$V_{fe} = -\frac{d\lambda}{dt} = -\frac{d\Phi}{dt}. (3)$$

En términos de **E** y **B** (intensidad eléctrica e intensidad magnética respectivamente), la ecuación 3 se puede expresar como (ecuación 4).

$$V_{fe} = \oint_L E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int_S B \cdot ds. (4)$$

Donde  $\Phi$  ha sido remplazado por  $\int_S B \cdot ds$  y  $S$  es el área de la superficie del circuito delimitado por la trayectoria cerrada  $L$ . De la ecuación 4 se deduce claramente que los campos tanto eléctricos como magnéticos están presentes y se interrelacionan en una situación de variación en el tiempo. La variación con el flujo con el tiempo, como en las ecuaciones 2 y 4, pueden deberse a tres causas [22][23].

- Una espira estacionaria en un campo magnético **B** variable en el tiempo.

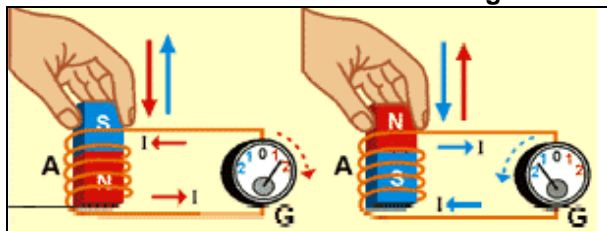
- Una espira de área variable en el tiempo en un campo magnético **B** estático.
- Una espira de área variable en el tiempo en un campo magnético **B** variable en el tiempo.

Note que la última situación es la general, además, en este caso se presentan tanto la fuerza electromotriz estática como cinética. La fuerza electromotriz total inducida viene dada por la ecuación 5 [22][23].

$$V_{fe} = \int_s \frac{DB}{dt} \cdot ds + \oint_L (U \times B) \cdot dl. (5)$$

Donde **U** es el vector velocidad que experimenta la espira, el operador “x” hace referencia al producto vectorial (también conocido como producto cruz) entre los vectores de velocidad (**U**) y el vector de intensidad magnética (**B**). El primer término de la ecuación 5 hace referencia a la primera condición mencionada anteriormente, mientras que el segundo término de la misma ecuación (ecuación 5) hace referencia a la condición 2, note, que para que exista una tensión inducida (fuerza electromotriz) debe existir un flujo magnético variable o una variación de velocidad de la espira con respecto a la fuente de campo magnético (imán, además de que, los vectores (**U** y **B**) no pueden ser paralelos). A continuación se enseña un ejemplo ilustrativo que resume lo explicado anteriormente (literal 4.2 inducción magnética).

**Ilustración 22. Inducción electromagnética.**



Fuente: [http://menteselectricasalrapidoyfurioso.blogspot.com/2009/08/induccin-magnetica\\_10.html](http://menteselectricasalrapidoyfurioso.blogspot.com/2009/08/induccin-magnetica_10.html)

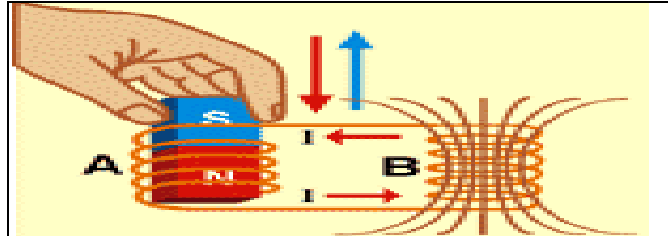
En la ilustración 22, se puede apreciar que al introducir un imán permanente por el interior de la bobina solenoide (**A**), con el polo norte (**N**) hacia abajo, la aguja del galvanómetro (**G**) se desvía hacia la derecha. Pero si se invierte la polaridad del imán y se introduce su polo por dentro de las espiras de la bobina, tal como se puede observar en la parte derecha de la misma ilustración, se observa que la aguja se desvía hacia el lado contrario, debido a que el sentido del movimiento del flujo de electrones por el alambre de cobre cambia al invertirse la polaridad del imán.

Si se deja de mover el imán no se producirá inducción magnética alguna y la aguja del galvanómetro se detiene en “0”, indicando que tampoco hay flujo de corriente. Esto demuestra que para que exista inducción magnética y se genere una fuerza electromotriz (**FEM**) o corriente eléctrica en el enrollado de una bobina, no sólo se precisa la existencia de un campo magnético, sino que éste



se encuentre en movimiento (campo variable), para lo cual será necesario que el imán se desplace continuamente por el interior del enrollado de la bobina. La generación de la corriente eléctrica o fuerza electromotriz que se produce por “inducción magnética” cuando se mueve un imán por el interior de la bobina solenoide **(A)** de la ilustración 23, provoca la circulación de corriente eléctrica por la bobina **(B)** y la aparición a su alrededor de un “campo electromagnético”, durante todo el tiempo que se mantenga moviendo el imán por el interior de La bobina (A). [9]

**Ilustración 23. Generación de corriente eléctrica.**



Fuente: [http://menteselectricasalrapidoyfurioso.blogspot.com/2009/08/induccin-magnetica\\_10.html](http://menteselectricasalrapidoyfurioso.blogspot.com/2009/08/induccin-magnetica_10.html)

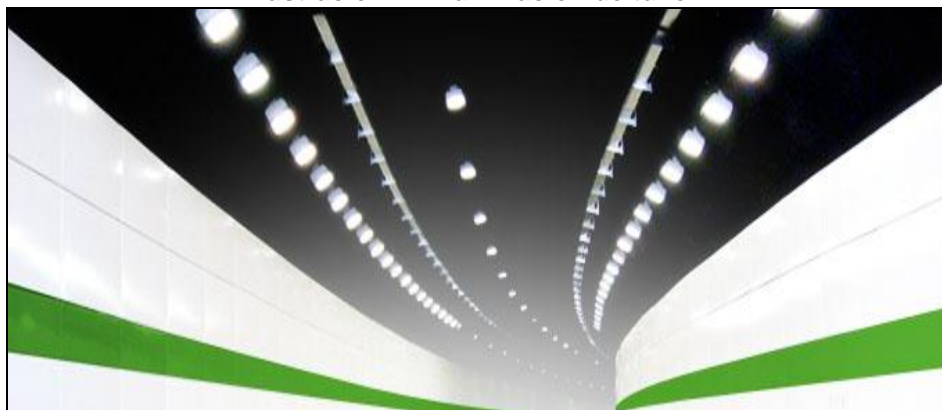
#### 4.3 APLICACIONES DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Dado que no necesita un mantenimiento constante, esta nueva tecnología ofrece innumerables opciones de utilización en iluminación general, su luz más blanca y natural es ideal para espacios donde la iluminación sea una prioridad para la seguridad del ser humano. Los ambientes donde se han utilizado con mayor frecuencia es en carreteras o vías con mucha concurrencia de tráfico o sitios donde la seguridad es un factor primordial, además, por su gran variedad de diseños es muy requerido en sitios donde la estética y la iluminación sea primordial en la presentación

A continuación en las ilustraciones 24 y 25, se muestran diferentes sitios donde han sido utilizadas y se compara con una lámpara tradicional.

##### 4.3.1 Iluminación de túnel

**Ilustración 24. Iluminación de túnel.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

La iluminación con lámparas de inducción en un túnel, brinda innumerables beneficios no sólo en la parte de ahorro energético y calidad de luz propios de este, sino que al ser una lámpara cuyo mantenimiento es nulo no se producen cortes vehiculares como se podrían presentar con regularidad al utilizar otra tecnología de iluminación. Las lámparas de inducción son ideales para túneles cerrados donde el cambio de iluminación natural a iluminación artificial no afecte la visibilidad de los conductores y viceversa el nombre de este fenómeno es rendimiento visual y es la capacidad de cambio lumínico del ojo humano. En la ilustración 25, se observa claramente la diferencia de color y de distribución entre una lámpara de inducción y una lámpara de sodio, donde en la primera los colores se ven de una forma más naturales y más reales e ideales para la vista de los conductores gracias a que no sufre un gran cambio de iluminación natural a artificial como si sucedería con la lámpara de sodio.

**Ilustración 25. Análisis iluminación de túnel.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

#### 4.3.2 Iluminación de carreteras

**Ilustración 26. Iluminación de carretera.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

La iluminación en carreteras (Ilustración 26), es de suma importancia para proporcionar la suficiente visibilidad a los conductores para que estos sean capaces de ver con claridad la superficie de la vía y los obstáculos que se presentan tales como peatones, ciclistas y otros vehículos., la lámpara de inducción proporciona un inapreciable deslumbramiento dándole al conductor un agradable confort visual durante el tiempo de movilización que colabora con la disminución de accidentes.

**Ilustración 27. Análisis iluminación de carretera.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

#### 4.3.3 Iluminación industrial

**Ilustración 28. Iluminación industrial.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

En la iluminación industrial se tienen dos aspectos importantes que brindan las lámparas de inducción que son necesarios en este tipo de espacios, el primero

la calidad de luz y la segunda la presentación, ver ilustración 28. En la ilustración 29, se ve la diferencia de iluminación entre las lámpara de inducción y las lámpara de mercurio utilizados en una bodega donde la iluminación es primordial para la salud, seguridad y buen desempeño de los trabajadores. En la ilustración 30, se puede ver y comparar una lámpara de sodio y la lámpara de inducción donde la calidad de iluminación debe ser tan importante como el diseño de las lámparas por su ubicación dentro de un espacio donde la presentación es de gran importancia

**Ilustración 29. Análisis Iluminación industrial.**

	
La eficacia luminosa de lámpara de inducción	La eficacia luminosa de lámpara de mercurio

Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

**Ilustración 30. Análisis Iluminación industrial en un hotel.**

	
La eficacia luminosa de lámpara de inducción	La eficacia luminosa de lámpara de sodio

Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

En las áreas clasificadas o de alto riesgo (refinerías, minas, estaciones de gasolina, petróleo, gas, laboratorios ) es aún más importante el uso de lámparas de inducción, gracias a la gran ventaja que esta ofrece, al ser una lámpara sin filamentos no se produce chispa al encendido evitando accidentes que se podrían producir en sitios como minas o lugares sísmicos donde hay una gran concentración de gases que al ser expuestas a una mínima expresión



de fuego podría explotar, otra ventaja de las lámparas de inducción es que se pueden conseguir en modelos compactos muy acordes a este tipo de lugares donde el espacio es reducido, su color de luz blanco azul es de gran importancia al permitir distinguir bien los colores tan importantes en sitios subterráneos donde en muchas ocasiones se utilizan botellas de gas con códigos en trabajos de soldadura para reconocer señales con código de color, para conectar cables eléctricos, o para clasificar minerales por su color. También es muy importante el uso de lámparas de inducción en sitios como gasolineras, refinerías, fábricas de productos químicos, aceites y combustibles en general, contrario a lo que podría suceder con la lámpara de sodio debido a su color amarillento que no deja percibir los colores de una forma natural y fiable.

#### 4.3.4 Iluminación en áreas clasificadas

En la ilustración 31, se observa el uso de lámparas de inducción en una estación de petróleo y en una estación de gasolina demostrando un confort visual, una cantidad y calidad de iluminación ideal para este tipo de sitios.

**Ilustración 31. Análisis Iluminación en áreas clasificadas.**

	
Iluminación en estación de petróleo	Iluminación en estación de gasolina

Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

**Ilustración 32. Iluminación en una mina de hierro.**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

#### 4.3.5 Iluminación en áreas deportivas

**Ilustración 33. Análisis Iluminación en otras áreas**



Fuente: <http://www.lvd.cc/es1/project/tunnel.html>

El objetivo de iluminar instalaciones deportivas ya sean interiores o exteriores es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público, y las empresas fabricantes de lámparas de inducción manejan una gran variedad de reflectores y lámparas adecuados para este uso. En la ilustración 33, se observa la utilización de lámparas de inducción en 2 tipos de centros deportivos diferentes uno en exteriores y otro en interiores donde se aprecia la calidad de luz.

#### 4.4 DESVENTAJAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Una de las mayores desventajas de las lámparas de inducción es su elevado precio comparado con otro tipo de lámparas como las fluorescentes lámparas de sodio o de haluro metálico, pero este inconveniente esta sujeto a la preferencia del cliente o usuario si desea adquirir o no la lámpara, sin embargo hay un problema que si es preocupante en el sentido de que es propio de las lámparas ahorradoras entre ellas las lámparas de inducción, tiene que ver con los altos niveles de distorsión armónica que estas lámparas producen, a continuación se podrá observar esta problemática.

4.4.1 Índice de distorsión armónica en las lámparas de inducción magnética. La distorsión armónica total (THD) es un índice ampliamente utilizado para describir la calidad de energía en las etapas de transmisión y distribución de los sistemas eléctricos de potencia [1]. La distorsión armónica considera la contribución de cada componente armónica individual de la señal de interés que se esté analizando (tensión, corriente, presión, temperatura etc.). El THD es definido para señales de tensión y corriente tal como lo describe las ecuaciones 6 y 7 respectivamente

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_h^{\infty} V_h^2}}{V_1} \quad (6)$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_h^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (7)$$

Donde  $V_1$  es la componente fundamental de la señal de tensión y  $I_1$  es la componente fundamental de la señal de corriente. Donde el denominador del índice de distorsión armónica (ecuaciones 6 y 7) es la magnitud de la contribución de todas las componentes armónica de la señal (corriente y tensión).

#### El estándar IEEE – 519 y la resolución CREG 070

El estándar IEEE- 519 recomienda los límites máximos de distorsión armónica tanto para tensiones individuales como para tensiones totales, tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Límites de distorsión armónica recomendados por la IEEE

Tensión de alimentación	Distorsión armónica individual (%)	Distorsión armónica total (%)
69 kV o menos	3.0	5.0
69.001 hasta 161 kV	1.5	2.5
Mayor a 161.001 kV	1.0	1.5

Estándar IEEE – 519

De la tabla 11, se puede observar que para los sistemas de distribución en Colombia ( $V < 220 \text{KV}$  [6]) el índice de distorsión armónica total (THD) según el estándar IEEE-519 debe variar entre el 3.0 y 1.0 %. Por otro lado, el estándar IEEE- 519, también, especifica el valor recomendado para cada uno de los armónicos con respecto a la corriente de cortocircuito tal y como se muestra en la tabla 12.

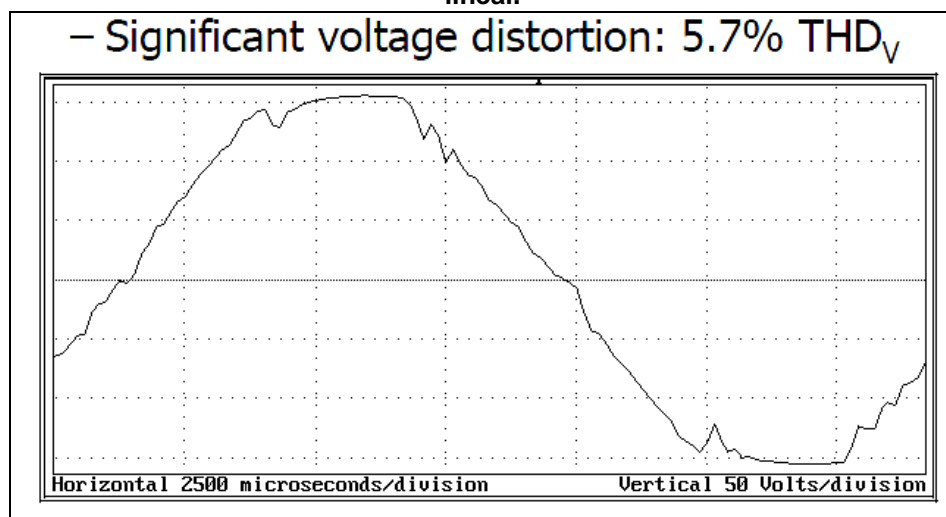
**Tabla 12. Límite de distorsión de corriente para redes de 120 V a 69 KV**

<b>Máxima corriente de distorsión armónica en porcentaje de IL (corriente de carga)</b>						
<b>Armónicos individuales</b>						
Isc/IL	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	THD
$< 20$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
$> 1000$	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Estándar IEEE – 519

Donde IL, es la corriente de carga máxima e Isc es la corriente de corto circuito. En la ilustración 34, se puede observar como los armónicos pueden afectar la forma de onda de la señal de tensión o de corriente suministrada por la red pública. Además como un leve contenido armónico ocasionado por elementos de estado sólido, conmutadores, lámparas de inducción magnética etc. (cargas no lineales [21].) originan una distorsión en la forma de onda de la señal de tensión y corriente suministrada por un elemento no rígido.

**Ilustración 34. Distorsión armónica en la señal de tensión originada por una carga no lineal.**



Estándar IEEE – 519

La resolución CREG 070 de 1998 perteneciente al reglamento de distribución de energía eléctrica especifica los niveles de distorsión armónica de la onda de tensión (THD) permitidos. La resolución CREG especifica que tanto los transportadores del sistema de transmisión nacional (STN), como los



operadores de red (OR), deberán cumplir con las exigencias establecidas en la siguiente tabla 13, basada en el estándar IEEE – 519[22].

**Tabla 13. THDV máximo especificado por la CREG resolución CREG 070**

Tensión del Sistema	THDV Máximo (%)
Niveles de tensión 1,2 y 3	5.0
Nivel de tensión 4	2.5
STN	1.5

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), "Resolución CREG 070 de 1998", Bogotá, 1998

Donde los niveles de tensión mencionados en la tabla 13, corresponden a la Resolución CREG 082 del 2002 tal como se muestra en la tabla 14[23].

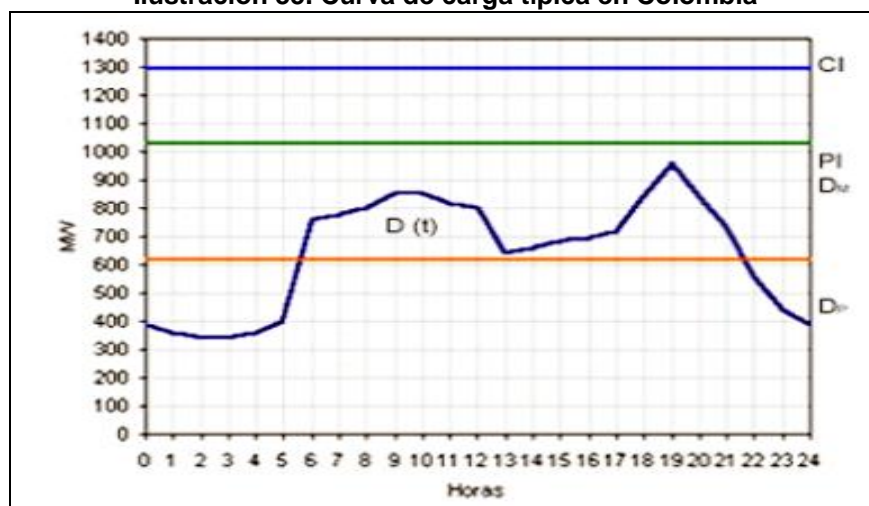
**Tabla 14 . Niveles de tensión especificados por la resolución CREG 082**

Niveles de tensión	Límites de tensión
Nivel 1	$V \leq 1KV$
Nivel 2	$1KV < V < 30 KV$
Nivel 3	$30 KV \leq V \leq 57.5 KV$
Nivel 4	$57.5 KV \leq V < 220 KV$

Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), "Resolución CREG 082 del 2002", CREG, Bogotá, 2002

Según la tabla 6 (capítulo 1) el índice de distorsión armónica especificado por el fabricante de las lámparas de inducción magnética es menor del 10% (ver tabla 6), lo anterior da a entender que el índice de distorsión armónica de las lámpara de inducción puede en algún momento superar los límites permitidos que se exponen en la tabla 13. Lo anterior se puede llegar a dar, teniendo en cuenta la característica de la demanda en Colombia, la cual, se muestra en la figura 35 (curva de carga).

**Ilustración 35. Curva de carga típica en Colombia**



SAMUEL RAMIRES CASTAÑO, "Redes de Distribución de Energía", Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Tercera Edición, Manizales

La curva de carga que se muestra en esta figura 35, muestra dos picos importante en la demanda, los cuales ocurren aproximadamente en las horas 11 y 20 respectivamente. Considerando que el segundo pico de demanda se encuentra en horas de la noche y debido a las condiciones físicas del entorno (oscuridad), los sistemas de iluminación tanto en las unidades residenciales como en los centro comerciales e industriales empiezan a operar, y si se tiene en cuenta un uso masivo de las lámpara de inducción magnética sumado con otras cargas no lineales (elementos de estado sólido, conmutadores, electrodomésticos etc.) en tal hora el elemento que alimenta tal carga (transformador) puede llegar a contener en algún momento un índice de distorsión armónica que viole la respectiva normatividad (resolución CREG 070).

Con lo cual se estaría poniendo en riesgo algunos elementos sensibles al contenido armónico así como la calidad de la energía del sistema suministrada por el sistema. Lo anterior da a entender que el índice de distorsión armónica generado por las lámparas de inducción magnética es un problema a tener en cuenta debido a la demanda del producto por parte de los consumidores (usuarios) que ven en ellas un ahorro en el consumo de energía de eléctrica.

## 5. COMPARACIÓN DE LÁMPARAS DE SODIO E INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Se compararon los resultados luminotécnicos y la estructura física para el caso de dos tecnologías de iluminación diferentes. La empresa ENELAR PEREIRA S.A E.S.P, facilitó el local y las lámparas para realizar las pruebas.

El lugar donde se realizaron las medidas fue una bodega con paredes en ladrillo a la vista, techo de eternit, suelo en concreto, estanterías con diferentes artefactos eléctricos y alta entrada de iluminación natural. La luminaria se ubicó a 2,40 m de altura y las pruebas de los niveles de iluminación se realizaron a 0,50 m. Debido a que la prueba fue realizada a las 9 am las mediciones presenta variaciones producidas por la luz natural.

En la primera medición, se utilizó una lámpara de sodio de alta presión de 70 vatios, ver ilustraciones 36 y 37 equivalente a una lámpara de inducción magnética de 40 W. Este tipo de lámpara trabaja a 220 V y tiene el siguiente kit auxiliar:

Balastro (regula la corriente y el voltaje)

Arrancador (envía pulsos de voltaje muy altos entre 0 V y 5000 V)

Condensador (corrige el factor de potencia 0,9)

**Ilustración 36 Lámpara de sodio de 70 W.**



**Ilustración 37 Componentes de la lámpara de sodio de 70 W**



A continuación se observa el encendido de una lámpara de sodio de alta presión en las ilustraciones 38, 39, 40 y 41. En las ilustraciones 38, 39, 40 y 41,

también se observa paso a paso el encendido de la lámpara de sodio, la cual tarda aproximadamente 7 minutos para estabilizarse

**Ilustración 38. Lámpara de sodio recién encendida.**



**Ilustración 39. Lámpara de sodio a los dos minutos de ser encendida**



**Ilustración 40. Lámpara de sodio a los cinco minutos de ser encendida**



**Ilustración 41. Lámpara de sodio a los siete minutos de ser encendida**



Para la segunda medición, se utilizó una lámpara de inducción magnética de 40 W ver ilustración 42. Este tipo de lámpara cuenta con un generador (ilustración 43), que es el encargado de cumplir con las funciones que realiza el balastro, arrancador y condensador juntos en las lámparas de sodio.

Una gran ventaja de esta lámpara de inducción es que puede operar a 110 V y 220 V con una corriente que oscila entre 0,16 A - 0,35 A, lo que la hace muy útil para operar en diferentes niveles de tensión.

**Ilustración 42. Lámpara de inducción.**





**Ilustración 43. Generador de la lámpara de inducción.**



En la ilustración 44, se observa que la lámpara de inducción magnética se instaló en el mismo sitio, no necesita tiempo para alcanzar el estado estable, debido a que lo hace inmediatamente después de ser energizada.

**Ilustración 44. Lámpara de inducción recién encendida.**

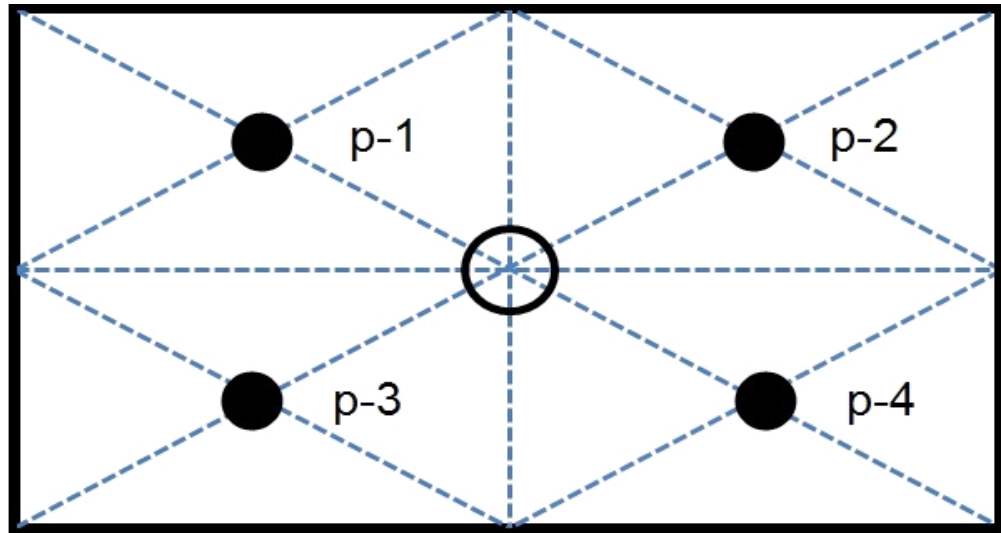


**Tabla 15. Comparación entre dos lámparas.**

<b>Tecnología</b>	<b>Modelo de Luminaria</b>	<b>Potencia (W)</b>
<b>Lámpara de Inducción</b>	AMKO SOLARA AF9-413C56	40
<b>Lámpara de Sodio</b>	Roy alpha	70

Con las lámparas mencionadas en la tabla 15, se tomaron distintos valores de flujo luminoso siguiendo el esquema de la ilustración 45, que corresponde al método de áreas regulares con luminaria simple y con localización simétrica.

**Ilustración 45. . Puntos de medición de iluminancia de una luminaria en la cuadrícula de un local con una sola luminaria.**



Se tomaron lecturas en los puntos p1, p2, p3 y p4, como en la ilustración 45 en las cuatro cuadrículas, se promedian las cuatro lecturas y este es el valor P ecuación (4) (iluminancia promedio en un local con una sola luminaria)

$$p = \frac{p1 + p2 + p3 + p4}{4} lux(8)$$

$$VEEI = \frac{p * 100}{S * Em} (9)$$

Donde:

VEEI Valor de eficiencia energética de la instalación (valor entre 0 y 1).

P Potencia total instalada en lámparas más equipos auxiliares (W)

S Superficie iluminada (m<sup>2</sup>).

Em Iluminancia media horizontal mantenida (lux).

Las medidas tomadas a la lámpara de sodio de 70 W con el luxómetro, dieron como resultado de iluminancia promedio el siguiente valor.

$$P = \frac{140 + 220 + 240 + 120}{4} lx$$

$$P = 180 lx$$

Las medidas tomadas a la lámpara de inducción de 40 W con el luxómetro, dieron como resultado de iluminancia promedio el siguiente valor.

$$P = \frac{180 + 160 + 480 + 350}{4} \text{ lx}$$

$$p = 292 \text{ lx}$$

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinará mediante el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación VEEI ( $\text{W/m}^2$ ) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión (9) [20].

Valor de eficiencia energética obtenido para la lámpara de sodio Roy alpha de 70 W es:

$$VEEI = \frac{70 * 100}{16 * 180} = 6,4 \text{ W/m}^2$$

En la tabla 16, se muestran los distintos datos relacionados con el UGR, VEEI y Eprom, medidos en una bodega a una lámpara sodio de 70.W

**Tabla 16. Eprom, VEEI, UGR lámpara Roy alpha (70 W).**

Datos	Medido	Requerido
<b>Eprom (lx)</b>	180	300
<b>VEEI (<math>\text{W/m}^2</math>)</b>	6,4	5
<b>UGR</b>	---	25

El valor de eficiencia energética obtenida para La lámpara de inducción AMKO SOLARA-AF9-413C56 de 40 W es el siguiente:

$$VEEI = \frac{40 * 100}{16 * 292} = 0,85 \text{ W/m}^2$$

En la tabla 17, se proporcionan los distintos datos relacionados con el UGR, VEEI y Eprom, medidos en una bodega a una lámpara de inducción AMKO SOLARA-AF9-413C56 de 40 W.

**Tabla 17. Eprom, VEEI, UGR lámpara de inducción AMKO SOLARA-AF9-413C56 (40 W).**

Datos	Medido	Requerido
<b>Eprom (lx)</b>	292	300
<b>VEEI (<math>\text{W/m}^2</math>)</b>	0,85	5
<b>UGR</b>	---	25

Debido a que este tipo de lámpara es utilizada en espacios abiertos y a la altura de un poste de alumbrado público, la medición de la iluminación promedio se realizó en un área pequeña y a una altura menor a la de un apoyo



de alumbrado público, los resultados pueden no ser los mas precisos, pudieran ser, si se hubieran realizado en un espacio publico adecuado.

Después de observar y analizar los resultados obtenidos en las mediciones a la lámpara de sodio Roy alpha de 70 W y la de inducción magnética AMKO SOLARA de 40 W, se puede concluir que en ambos casos, en la medición de iluminancia promedio (EPROM) y en el valor de eficiencia energética (VEEI) la lámpara de inducción mostró estar muy por encima de la lámpara de sodio, teniendo en cuenta que los valores obtenidos se ajustan a los requisitos recomendados por el RETILAP.

En las tablas 18 y 19, se proporcionan los datos técnicos de la lámpara de inducción AMKO SOLARA AF9 413C56 de 40 W y de la lámpara ROY ALPHA de 70 W.

**Tabla 18. Datos técnicos lámpara de inducción AMKO SOLARA AF9 413C56 (40W)**

<b>Lámpara de inducción AMKO SOLARA AF9 413C56 (40 W).</b>	
<b>Potencia (W)</b>	40
<b>Frecuencia( kHz)</b>	250
<b>Luminancia (lm)</b>	2800-3000
<b>Eficacia (lm/W)</b>	70-75
<b>CRI (Ra)</b>	≥80
<b>Color temperatura (K)</b>	3000-4000-5000
<b>Tensión (V)</b>	110-220
<b>Corriente (A)</b>	0,35-0,16
<b>Frecuencia (Hz)</b>	50-60
<b>Factor de Potencia</b>	0,98
<b>THD</b>	≤10
<b>Potencia de entrada (W)</b>	42
<b>Temperatura (°C)</b>	≤65

<http://www.amko.com.tw/oem/index.html>

**Tabla 19. Datos técnicos lámpara de sodio ROY ALPHA (70 W)**

<b>Lámpara de sodio ROY ALPHA (70 W)</b>	
<b>Potencia (W)</b>	70
<b>Frecuencia (kHz)</b>	---
<b>Luminancia (lm)</b>	5900
<b>Eficacia (lm/W)</b>	84
<b>CRI (Ra)</b>	30
<b>Color Temperatura (K)</b>	2000
<b>Tensión (V)</b>	220-240
<b>Corriente (A)</b>	0,98
<b>Frecuencia (Hz)</b>	50-60
<b>Factor de Potencia</b>	>0,95
<b>THD</b>	---
<b>Potencia de Entrada (W)</b>	42
<b>Temperatura (°C)</b>	45

[http://www.royalpha.com/.Storage/catalog\\_28/FE07922E-A2E9-3EBF-12FA-6E67B194C5C7pdf\\_PE.PDF](http://www.royalpha.com/.Storage/catalog_28/FE07922E-A2E9-3EBF-12FA-6E67B194C5C7pdf_PE.PDF)

Después de realizadas las mediciones y observar los resultados de éstas dos tecnologías de iluminación (lámparas de sodio y de inducción magnética) se observó y se comprobó de manera experimental que indudablemente las lámparas de inducción magnética manejan unos estándares y unas características técnicas (luminancia, vida útil) mucho más altas que sus homólogas las lámparas de sodio. Quizás la única característica técnica que hace a la lámpara de sodio competitiva contra la lámpara de inducción magnética es la eficacia, ya que le toma en promedio, 12 puntos porcentuales, lo cual, en ciertas aplicaciones la hace atractiva (Alumbrado público etc) frente a la lámpara de inducción magnética.

## 6. CONCLUSIONES

- La lámpara de inducción es una nueva alternativa en sistemas de iluminación, que puede brindar soluciones y beneficios, gracias a su progreso frente a los sistemas tradicionales en factores como el ahorro de energía (mayor eficiencia), permite a las empresas prestadoras de servicios reducir el consumo de recursos naturales no renovables (carbón, gas, petróleo etc.) que se utilizan en la generar energía eléctrica.

La lámpara de inducción también brinda beneficios en la salud humana, ya que este tipo de lámpara al producir poco deslumbramiento no afecta significativamente el ojo humano y al producir una menor radiación UV (comparado con otras lámparas) disminuye enfermedades asociadas con la piel, aparte, la lámpara de inducción produce menos dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que las lámparas tradicionales ya que posee un menor porcentaje mercurio además este se encuentra en forma de amalgama (en las lámparas tradicionales el mercurio se encuentra de forma líquida) reduciendo el impacto negativo sobre el medio ambiente.

- Al ser una lámpara que no posee filamentos que produzcan chispa (arco eléctrico) al encenderse, es ideal para ser utilizadas en lugares donde exista vibración, gases, incendios, difícil acceso y cambios de temperaturas como por ejemplo en minas, refinerías, gasolineras y sitios donde halla una gran cantidad de gases acumulados en el ambiente, también en sitios donde el mantenimiento sea poco asequible como túneles o edificios altos y en sitios donde se necesite una iluminación instantánea que no produzca un arco eléctrico de encendido.
- Es preciso decir que la lámpara de inducción no es nada económica comparando el valor (en \$) de esta con el valor de las lámparas tradicionales, pero esta inversión se puede justificar con los beneficios que esta presenta en aspectos como la vida útil que es de tres o cuatro veces mayor que cualquier otra lámpara, su nulo mantenimiento, su bajo consumo de energía, por lo tanto, estas lámparas son competitivas operativamente y económicamente en aplicaciones donde no exista la necesidad de estar apagando o prendiendo la lámpara ya que la orden de encendido y apagado disminuye la vida útil de la misma.
- En esta recopilación de información sobre lámparas de inducción se investigó el funcionamiento, sus beneficios y sus debilidades frente a otras lámparas, además, se realizaron algunas pruebas de laboratorio que permitieron cuantificar el desempeño de lámpara y comparar los datos obtenidos en el experimento con la información suministrada por el fabricante, lo anterior , dejo en evidencia la grandes ventajas que poseen las lámparas de inducción frente a otras lámparas como la de sodio o de mercurio convirtiéndola en un opción competitiva para las aplicaciones actuales en el campo de la iluminación.

Para dar continuidad en el tema se recomienda como posible trabajo futuro:

Realizar, una investigación que permita medir el índice de distorsión armónica total, tanto para la tensión como para la corriente en un transformador de distribución ya sea en una zona residencial, comercial o industrial que permita cuantificar de alguna manera el aporte armónico de las lámparas de inducción magnética (ahorradoras) a los armónicos totales medidos en el transformador.

## 7. DIFICULTADES

- En la actualidad la información sobre las lámparas de inducción está sujeta a la información que se encuentran en la red, gracias a que las empresas fabricantes para dar a conocer sus productos suben las especificaciones e información necesaria para compradores. Sin embargo cuando se va a buscar algo específico y determinante para conocer esta tecnología es difícil porque existe poca literatura dedicados especialmente a este tema, por esta razón nos hemos dado a la tarea de investigar y proporcionar este documento para que cualquier persona que se interese por esta nueva tecnología, se pueda ilustrar y pueda aclarar algunas dudas consultando el presente documento.
- Las lámparas de inducción no son un sistema muy utilizado en el departamento del Risaralda, la única empresa que a desarrollado proyectos de prueba con estas lámparas es Enelar, empresa que por sus políticas propias, no permite el acceso a sus instalaciones a personal externo a ella, dificultando así el poder conocer mas acerca de este tipo de lámparas.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] FUNDACIÓN WIKIMEDIA, INC. Lumen, [en línea] 18 ene 2012. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Lumen>
- [2] FUNDACIÓN WIKIMEDIA, INC. Bifenilo, [en línea] 28 mar 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bifenilo>
- [3] SYLVANIA, [en línea]. Disponible en: [http://www.sylvania.com.ar/lamparas-fluorescentes\\_tris.html](http://www.sylvania.com.ar/lamparas-fluorescentes_tris.html)
- [4] MADRID AHORRA CON ENERGÍA, Guía Técnica de Iluminación Eficiente, [en línea] 2006. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
- [5] FUNDACIÓN WIKIMEDIA, INC. Intensidad luminosa, [en línea] 1 feb 2012. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Intensidad\\_luminosa](http://es.wikipedia.org/wiki/Intensidad_luminosa)
- [6] CIET CONSULTORA, BOLETÍN de información de ENERGÍA XXIII", [en línea]. Disponible en: <http://www.cietconsultora.com.ar/pdf/Boletin23.pdf>
- [7] LIGHTING SUPLIER, LVD, Iluminación por Inducción Magnética, [en línea]. Disponible en: <http://lightingsupplier.com/inducccion.php>
- [8] GESCOM CHILE, Inducción electromagnética, [en línea] 1998. Disponible en: [http://www.gescomchile.com/haluro\\_metal\\_vs\\_inducccion\\_electromagnetica.html](http://www.gescomchile.com/haluro_metal_vs_inducccion_electromagnetica.html)
- [9] MENTES ELÉCTRICAS AL RÁPIDO Y FURIOSO, inducción magnética, [en línea] 10 de ajos de 2009. Disponible en: [http://menteselectricasalrapidoyfurioso.blogspot.com/2009/08/inducccion-magnetica\\_10.html](http://menteselectricasalrapidoyfurioso.blogspot.com/2009/08/inducccion-magnetica_10.html)
- [10] GESCOM CHILE, Lámparas de Inducción Electromagnética, [en línea] 1998. Disponible en: [http://www.gescomchile.com/files/gescom\\_100215\\_iem\\_-\\_alta\\_eficacia\\_luminica-6.pdf](http://www.gescomchile.com/files/gescom_100215_iem_-_alta_eficacia_luminica-6.pdf)
- [11] FUNDACIÓN WIKIMEDIA, INC. Lámpara de vapor de sodio, [en línea] 15 abril 2012. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara\\_de\\_vapor\\_de\\_sodio](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_de_vapor_de_sodio)
- [12] CEIMSA, quienes somos, [en línea] 2006. Disponible en: <http://www.ceimsamty.com/>

- [13] LVD, quienes somos, Shanghai Hong yuan Iluminación & Equipos Eléctricos S.L [en línea] 2009. Disponible en: <http://www.lvd.cc/Es/Company/>
- [14] BAJA WAREHOUSE S.A de C.V, México: BAJA WAREHOUSE, [en línea]. Disponible en: <http://www.bajawarehouse.com/esp/>
- [15] VENALSO, Valencia: LA EMPRESA, [en línea]. Disponible en: <http://www.venalsol.com/>
- [16] EMAX TECHNOLOGIES, México: quienes somos, [en línea]. Disponible en: <http://www.emaxtechnologies.com/>
- [17] LÁMPARAS DE INDUCCION MAGNETICA, Chile: Larga Vida Útil, [en línea]. Disponible en: [http://www.gescomchile.com/files/gescom\\_100215\\_iem\\_-\\_alta\\_eficacia\\_luminica-6.pdf](http://www.gescomchile.com/files/gescom_100215_iem_-_alta_eficacia_luminica-6.pdf)
- [18] GESCOM CHILE, Inducción electromagnética, [en línea] 1998. Disponible en: [http://www.gescomchile.com/haluro\\_metal\\_vs\\_induccion\\_electromagnetica.html](http://www.gescomchile.com/haluro_metal_vs_induccion_electromagnetica.html)
- [19] FUNDACIÓN WIKIMEDIA, INC. Lámpara de inducción, [en línea] 10 mayo 2012. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara\\_de\\_inducci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_de_inducci%C3%B3n)
- [20] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado público (RETILAP). Resolución 182544 de Diciembre 29 de 2010.
- [21] FRANCISCO C. DE LA ROSA, "HARMONICS AND POWER SYSTEMS", Taylos & Francis group, 2006.
- [22] MATTHEW N. O, SADIKU, "Elementos de electromagnetismo", Alfaomega, Oxford, 2009 México .
- [23] ROBERT M. EISBERG, LAWRENCE S. LERNER, "FÍSICA, Fundamentos y aplicaciones volume II", MCGRAWHILL, México 1984.